

DE 04 101464

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 20 AUG 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

103 61 661.6

Anmeldetag:

30. Dezember 2003

Anmelder/Inhaber:

Osram Opto Semiconductors GmbH,
93049 Regensburg/DE

Bezeichnung:

Licht emittierendes Bauelement mit einem
Lumineszenz-Konversionselement

Priorität:

14. Juli 2003 EP 03015972.7

IPC:

H 01 L, H 01 J, B 82 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Stremmé

Beschreibung

Licht emittierendes Bauelement mit einem Lumineszenz-Konversionselement

Die Erfindung betrifft ein Licht emittierendes Bauelement mit mindestens einer Primärstrahlungsquelle, die bei Betrieb eine elektromagnetische Primärstrahlung emittiert, und mindestens einem Lumineszenz-Konversionselement, mittels dem zumindest ein Teil der Primärstrahlung in eine Strahlung von veränderter Wellenlänge konvertiert wird.

Ein derartiges Bauelement ist beispielsweise in der DE 101 33 352 A1 beschrieben. Als Primärstrahlungsquelle dient mindestens eine Lumineszenz-Diode, die eine Primärstrahlung im Bereich 300 bis 485 nm emittiert, wobei die Primärstrahlung durch Leuchtstoffe teilweise oder vollständig in längerwellige Strahlung konvertiert wird. Bauelemente, bei denen eine Primärstrahlung aus dem UV- oder UV-nahen Bereich in sichtbares Licht umgewandelt wird, sind insbesondere geeignet, um mittels verschiedenen Leuchtstoffmaterialien weißes Licht mit einer hohen Farbwiedergabe zu erzeugen.

Ein Nachteil derartiger Bauelemente kann sein, dass sie eine nicht zu vernachlässigende Restemission von Primärstrahlung aus dem UV- oder UV-nahen Spektralbereich aufweisen. Dies kann insbesondere bei einer Verwendung von Hochleistungslumineszenzdioden als Primärstrahlungsquelle der Fall sein. Eine derartige Restemission ist jedoch möglichst zu vermeiden, da eine elektromagnetische Strahlung aus dem UV- oder aus dem sichtbaren UV-nahen Wellenlängenbereich bei intensiver Einwirkung eine schädigende Wirkung für das menschliche Auge ha-

ben kann. Dies kann zu einer Kataraktbildung im Auge, d.h. zu einer Linsentrübung führen und sogar die Netzhaut schädigen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Licht emittierendes Bauelement anzugeben, das Mittel für eine zumindest teilweise Verringerung einer Strahlungsintensität einer unerwünschten Strahlung aufweist.

Diese Aufgabe wird durch ein Bauelement gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Erfindungsgemäß ist bei einem Bauelement der eingangs genannten Art dem Lumineszenz-Konversionselement in einer Abstrahlrichtung des Bauelementes ein Filterelement mit einer Vielzahl von Nanopartikeln nachgeordnet. Die Nanopartikel weisen eine Filtersubstanz auf, die eine Strahlungsintensität zumindest eines spektralen Bereichs einer unerwünschten Strahlung durch Absorption selektiv verringert.

Unter Nanopartikeln sind im Zusammenhang mit der Erfindung Partikel mit einem mittleren Partikeldurchmesser von größer oder gleich 0,1 nm und kleiner oder gleich 100 nm zu verstehen.

Nanopartikel haben, verglichen mit einer Wellenlänge von sichtbarer Strahlung, eine relativ kleine Ausdehnung. Dadurch wird sichtbare Strahlung an den Nanopartikeln im wesentlichen nicht inelastisch gestreut, sondern es findet eine Rayleigh-Streuung statt, durch die sichtbare Strahlung nahezu ohne Energieverlust gestreut wird. Somit wird durch das Filterelement im wesentlichen eine Strahlungsintensität nur desjenigen

Wellenlängenbereiches einer in dem Bauelement erzeugten elektromagnetischen Strahlung verringert, für den die Filtersubstanz absorbierend ist. Dadurch kann die Strahlungsintensität zumindest eines Teils der unerwünschten Strahlung selektiv verringert werden.

Der Begriff „unerwünschte Strahlung“ impliziert im Zusammenhang mit der Erfindung nicht, dass diese Strahlung absolut unerwünscht ist, sondern dass eine Emission dieser Strahlung aus dem Bauelement unerwünscht ist und folglich so weit wie möglich vermieden werden soll.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Bauelementes ist die unerwünschte Strahlung die Primärstrahlung oder ein spektraler Teilbereich der Primärstrahlung.

Bevorzugt stammt die unerwünschte Strahlung aus einem Wellenlängenbereich von kleiner oder gleich 420 nm und größer oder gleich 10 nm oder überlappt mit diesem.

In einer weiteren Ausführungsform des Bauelementes weist die Primärstrahlungsquelle bevorzugt mindestens eine Lumineszenz-Diode auf, die bei Betrieb UV-Strahlung und/oder blaues Licht emittiert. Die Strahlungsintensität des spektralen Teilbereichs der unerwünschten Strahlung wird bevorzugt um mindestens 50 % verringert.

Um eine inelastische Streuung von einer erwünschten Strahlung an den Nanopartikeln weitestgehend zu vermeiden, weisen die Nanopartikel mit Vorteil einen d_{50} -Wert auf, der, in Q_0 gemessen, kleiner oder gleich 25 nm, bevorzugt kleiner oder gleich 21 nm und größer oder gleich 1 nm ist.

Besonders bevorzugt weisen die Nanopartikel einen d_{50} -Wert auf, der, in Q_0 gemessen, kleiner oder gleich $1/20$ einer minimalen Wellenlänge der erwünschten Strahlung und größer oder gleich 1 nm ist. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform hiervon weisen alle Nanopartikel einen mittleren Durchmesser auf, der maximal $1/20$ einer minimalen Wellenlänge der erwünschten Strahlung beträgt.

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass mindestens ein Material aus der Gruppe bestehend aus der Materialgruppe der Metalloxide, der Materialgruppe der Sulfide, der Materialgruppe der Nitride und der Materialgruppe der Silikate in der Filtersubstanz enthalten ist. Dabei ist es im Sinne der Erfindung auch möglich, dass das Filterelement mehrere Teilgruppen von Nanopartikeln mit unterschiedlichen Filtersubstanzen aufweist. In einem solchen Fall muss nur die Filtersubstanz mindestens einer der Teilgruppen der Nanopartikel die Bedingungen der Erfindung oder ihrer Ausführungsformen erfüllen.

Die Filtersubstanz weist besonders bevorzugt mindestens ein Material aus der Gruppe bestehend aus Titandioxid, Cerdioxid, Zirkoniumdioxid, Zinkoxid, Wolframoxid, Zinksulfid und Galliumnitrid auf.

Die Nanopartikel sind zweckmäßigerweise in einem Matrixmaterial eingebettet, das bevorzugt unempfindlich gegenüber UV-Strahlung ist. Hierzu weist das Matrixmaterial mit Vorteil mindestens ein Material aus der Gruppe bestehend aus Silikon, Spin-on-Gläser, Silizium-Verbindung und Polymer auf.

Um eine möglichst geringe Sedimentierung von Nanopartikeln in dem Matrixmaterial zu erreichen, sind die Nanopartikel mit

besonderem Vorteil mit einer dispersionsfördernden Oberflächenbeschichtung oder Oberflächenmodifikation versehen, durch die ihre Dispergierbarkeit in dem Matrixmaterial verbessert ist.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus dem im folgenden in Verbindung mit den Figuren 1 bis 2b beschriebenen Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels des Bauelementes,

Figur 2a ein berechnetes Transmissionsspektrum eines Filterelementes mit Mikropartikeln, und

Figur 2b ein berechnetes Transmissionsspektrum eines Ausführungsbeispiels eines Filterelementes gemäß der Erfindung.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente der Figuren sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können sie zum besseren Verständnis teilweise übertrieben groß dargestellt sein.

Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist ein Filterelement 1 auf eine Strahlungsauskopplfläche eines herkömmlichen Gehäuses 10 für Lumineszenzdioden aufgebracht. Das Gehäuse 10 weist eine „Toplooker“-Bauform auf und umfasst eine Gehäusegrundform 4 sowie eine erste und eine zweite elektrisch leitfähige Beschichtung 8, 9, die Wände der Gehäusegrundform 4 teilweise bedecken. Eine Lumineszenzdiode 6 ist

auf der zweiten elektrisch leitenden Beschichtung 9 montiert und dadurch mit dieser elektrisch leitend kontaktiert. Die von der elektrisch leitenden Beschichtung 9 abgewandte Seite des Lumineszenzdiodenchips 6 ist mittels eines Bonddrahtes 7 mit der zweiten elektrisch leitenden Beschichtung 8 elektrisch leitend verbunden. Die elektrisch leitfähige Beschichtung ist z.B. für eine von dem Lumineszenzdiodenchip 6 bei dessen Betrieb emittierte elektromagnetische Strahlung reflektierend.

Der Lumineszenzdiodenchip 6 weist eine auf einem Substrat angeordnete, epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge auf, die eine bei Betrieb des Lumineszenzdiodenchips 6 elektromagnetische Strahlung emittierende aktive Zone umfaßt (nicht gezeigt). Die Dicke der Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise 8 μm betragen.

Eine solche Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise einen herkömmlichen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantentopfstruktur (SQW-Struktur) oder eine Mehrfach-Quantentopfstruktur (MQW-Struktur) aufweisen. Solche Strukturen sind dem Fachmann bekannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Ein Beispiel für eine Mehrfach-Quantentopfstruktur auf der Basis von GaN ist in der WO 01/39282 A2 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die Halbleiterschichtenfolge des Lumineszenzdiodenchips 6 basiert beispielsweise auf InAlGa_N, d.h. sie enthält mindestens ein Material der Zusammensetzung $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$. Sie emittiert eine elektromagnetische Strahlung, beispielsweise Wellenlängen aus dem UV-Bereich umfasst.

Der Lumineszenzdiodechip 6 ist von einem Lumineszenz-Konversionselement 5 eingekapselt, das beispielsweise eine auf Silikon basierende Vergußmasse sowie einen oder mehrere darin dispergierte Leuchtstoffe aufweist. Ein Vorteil der Verwendung eines im UV-Bereich emittierenden Lumineszenzdiodechips als Primärstrahlungsquelle zum Anregen von Leuchtstoffen ist, dass ein von Leuchtstoffen emittiertes Licht in der Regel ein breiteres Spektrum als ein von Lumineszenzdiodechips emittiertes Licht aufweist. Somit läßt sich beispielsweise weißes Licht mit einer Farbwiedergabe erzeugen, die im Vergleich mit Bauelementen, bei denen Primärstrahlung einen signifikanten Anteil des emittierten Lichtes ausmacht, verbessert ist.

Die in dem Lumineszenz-Konversionselement 5 enthaltenen Leuchtstoffe absorbieren einen Großteil der von dem Lumineszenzdiodechip 6 emittierten Strahlung, die Wellenlängen aus dem UV-Bereich aufweist, und emittieren daraufhin eine Strahlung mit größeren Wellenlängen. Die von den verschiedenen Leuchtstoffen emittierten Strahlungen durchmischen sich und ergeben Licht eines bestimmten Farbortes der CIE-Farbtabelle, insbesondere weißes Licht. Mögliche Leuchtstoffe sind beispielsweise Leuchtstoffpartikel auf der Basis von YAG:Ce, YAG:Tb oder andere geeignete anorganische oder organische Leuchtstoffpartikel, die dem Fachmann als UV-anregbar bekannt sind.

Das Filterelement 1 weist ein Matrixmaterial 3 auf, das mit Nanopartikeln 2 versetzt ist. Das Matrixmaterial basiert beispielsweise auf Silikon, kann alternativ aber auch ein durch Spincoating aufgebrachtes Glas, eine Siliziumverbindung oder etwa ein UV-stabiles Polymer, wie es bei Wellenleitermaterialien üblich ist, sein.

Die Nanopartikel 2 weisen beispielsweise als Filtersubstanz TiO_2 auf, welches in verschiedenen Modifikationen vorliegen kann. In der Anatas-Modifikation hat Titandioxid beispielsweise eine Bandlückenenergie von 3,2 eV, was einer Wellenlänge von 387 nm entspricht. In einem Wellenlängenbereich beginnend bei etwa 400 nm bis etwa 380 nm ändert sich der Absorptionskoeffizient von Titandioxid in der Anatas-Modifikation, um mehr als 2 Größenordnungen.

Alternativ kann die Filtersubstanz auch Titandioxid in der Rutil-Modifikation aufweisen, das beispielsweise mit einer Konzentration von ca. 15 Gew.% in dem Filterelement 1 enthalten ist, wobei das Filterelement in einer 50 μm dicken Schicht vorliegt. Das Titandioxid liegt z.B. in Form von Partikeln vor, die einen d_{50} -Wert von 17 nm aufweisen.

Für ein derartiges Filterelement 1 ist in Figur 2b die Transmission elektromagnetischer Strahlung unter ausschließlicher Berücksichtigung von Streuung in Abhängigkeit von der Wellenlänge der Strahlung dargestellt. Die Transmission beträgt bei einer Wellenlänge von etwa 400 nm ungefähr 95 % und steigt mit zunehmender Wellenlänge auf einen Wert von über 99 % bei etwa 700 nm. Somit sind Verluste an Strahlungsintensität aufgrund von Streuung an den Nanopartikeln 2 des Filterelementes 1 sehr gering.

In Figur 2a ist ebenfalls die Transmission für ein Filterelement mit einer 50 μm dicken Schicht die ca. 15 Gew.% Titandioxid in der Rutil-Modifikation aufweist, mit dem einzigen Unterschied, dass das Titandioxid in Form von Partikeln mit einer Partikelgröße von etwa 10 μm vorliegt. Ein derartiges

Filterelement ist für den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich praktisch nicht transparent.

Berücksichtigt man bei dem Filterelement 1, das dem in Figur 2b dargestellten Transmissionsspektrum zugrunde liegt, zusätzlich zu der Streuung noch die Absorption im Titandioxid, so ergibt sich für eine Wellenlänge von kleiner als ungefähr 420 nm eine deutlich reduzierte Transmission. Bei einer Strahlung der Wellenlänge 412 nm beträgt die Transmission nur mehr etwa 1 %. Somit kann eine für die Augen schädliche und deshalb unerwünschte Strahlung wie etwa die Primärstrahlung aus dem UV- und/oder kurzwelligen blauen Bereich wirkungsvoll reduziert werden, ohne dass eine allzu hohe Verringerung der Strahlungsintensität einer erwünschten Strahlung in Kauf genommen werden muß.

Die Streuung der von dem Bauelement zu emittierenden Strahlung an den Nanopartikeln des Filterelementes führt vorteilhafterweise zu deren verbesserten Durchmischung, insbesondere zu einer verbesserten Durchmischung von Licht unterschiedlicher Farbe.

Alternativ zu einem Metalloxid wie etwa einem Titandioxid können in den Ausführungsbeispielen alternativ oder zusätzlich auch weitere geeignete Metalloxide, oder geeignete Sulfide, Nitride und/oder Silikate als Filtersubstanz verwendet werden. Hierzu eignen sich beispielsweise die Materialien Cerdioxid, Zirkoniumdioxid, Zinkoxid, Wolframoxid, Zinksulfid und Galliumnitrid, die hinsichtlich einer unerwünschten Strahlung, d.h. hinsichtlich ihrer absorbierenden Eigenschaften ausgewählt werden. Auch die Menge an Nanopartikeln wird entsprechend einer gewünschten Verringerung der Intensität der absorbierten Strahlung unter Berücksichtigung des jewei-

ligen (wellenlängenabhängigen) Absorptionskoeffizienten angepasst.

Die Nanopartikel weisen eine dispersionsfördernde Oberflächenbeschichtung oder eine dispersionsfördernde Oberflächenmodifikation auf, d.h. sie sind mit geeigneten Molekülen beschichtet oder derartige Moleküle sind an ihnen adsorbiert, so dass ihre Dispergierbarkeit in dem Matrixmaterial verbessert.

Der Schutzzumfang der Erfindung ist nicht durch die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfaßt die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn diese Kombination nicht explizit in den Patentansprüchen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Licht emittierendes Bauelement mit

- mindestens einer Primärstrahlungsquelle, die bei Betrieb eine elektromagnetische Primärstrahlung emittiert, und
- mindestens einem Lumineszenz-Konversionselement, mittels dem zumindest ein Teil der Primärstrahlung in eine Strahlung von veränderter Wellenlänge konvertiert wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass dem Lumineszenz-Konversionselement in einer Abstrahlrichtung des Bauelementes ein Filterelement mit einer Vielzahl von Nanopartikeln nachgeordnet ist, wobei die Nanopartikel eine Filtersubstanz aufweisen, die eine Strahlungsintensität zumindest eines spektralen Teilbereichs einer unerwünschten Strahlung durch Absorption selektiv verringert.

2. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die unerwünschte Strahlung die Primärstrahlung oder ein spektraler Teilbereich der Primärstrahlung ist.

3. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die unerwünschte Strahlung aus einem UV-Wellenlängenbereich von kleiner oder gleich 420 nm stammt oder mit diesem überlappt.

4. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Primärstrahlungsquelle mindestens eine Lumineszenzdiode aufweist, die bei Betrieb UV-Strahlung und/oder blaues Licht emittiert.

5. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsintensität des spektralen Teilbereichs der unerwünschten Strahlung um mindestens 50 % verringert wird.

6. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanopartikel einen d_{50} -Wert aufweisen, der, in Q_0 gemessen, kleiner oder gleich 25 nm und größer oder gleich 1 nm ist.

7. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanopartikel einen d_{50} -Wert aufweisen, der, in Q_0 gemessen, kleiner oder gleich 21 nm und größer oder gleich 1 nm ist.

8. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanopartikel einen d_{50} -Wert aufweisen, der, in Q_0 gemessen, kleiner oder gleich ein Zwanzigstel einer minimalen Wellenlänge einer erwünschten Strahlung und größer oder gleich 1 nm ist.

9. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtersubstanz mindestens ein Material aus der Gruppe bestehend aus der Materialgruppe der Metalloxide, der Materialgruppe der Sulfide, der Materialgruppe der Nitride und der Materialgruppe der Silikate aufweist.

10. Bauelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

dass die Filtersubstanz mindestens ein Material aus der Gruppe bestehend aus Titandioxid, Cerdioxid, Zirkoniumdioxid, Zinkoxid, Wolframoxid, Zinksulfid und Galliumnitrid aufweist.

11. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanopartikel in einem Matrixmaterial eingebettet sind.

12. Bauelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixmaterial unempfindlich gegenüber UV-Strahlung ist.

13. Bauelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixmaterial mindestens ein Material aus der Gruppe bestehend aus Silikon, Spin-on-Gläser, Silicium-Verbindung und Polymer aufweist.

Zusammenfassung

Licht emittierendes Bauelement mit einem Lumineszenz-Konversionselement

Die Erfindung umfasst ein Licht emittierendes Bauelement mit mindestens einer Primärstrahlungsquelle, die bei Betrieb eine elektromagnetische Primärstrahlung emittiert, und mindestens einem Lumineszenz-Konversionselement, mittels dem zumindest ein Teil der Primärstrahlung in eine Strahlung von veränderter Wellenlänge konvertiert wird. Dem Lumineszenz-Konversionselement ist in einer Abstrahlrichtung des Bauelementes ein Filterelement mit einer Vielzahl von Nanopartikeln nachgeordnet, wobei die Nanopartikel eine Filtersubstanz aufweisen, die eine Strahlungsintensität zumindest eines spektralen Teilbereichs einer unerwünschten Strahlung durch Absorption selektiv verringert.

Figur 1

Fig 1

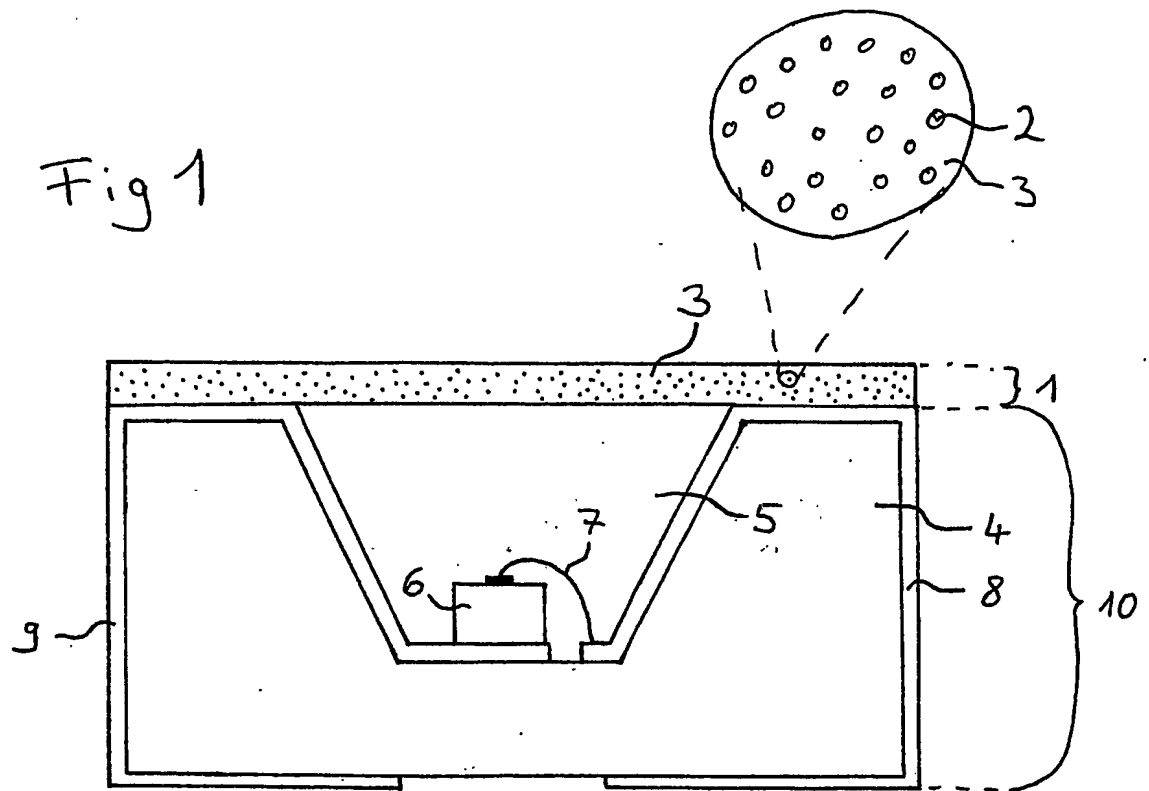


Fig. 2 a

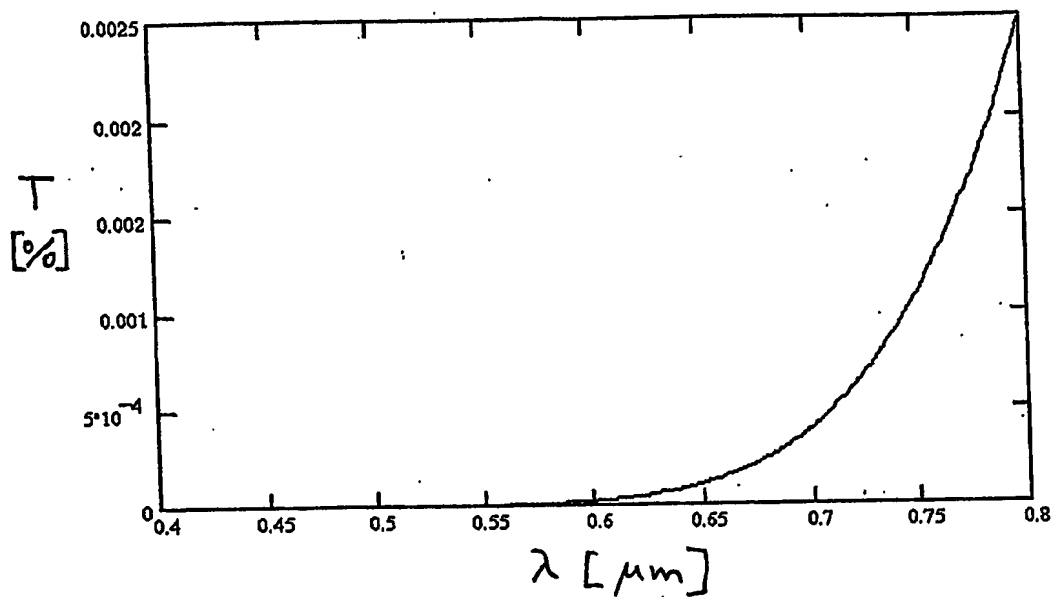
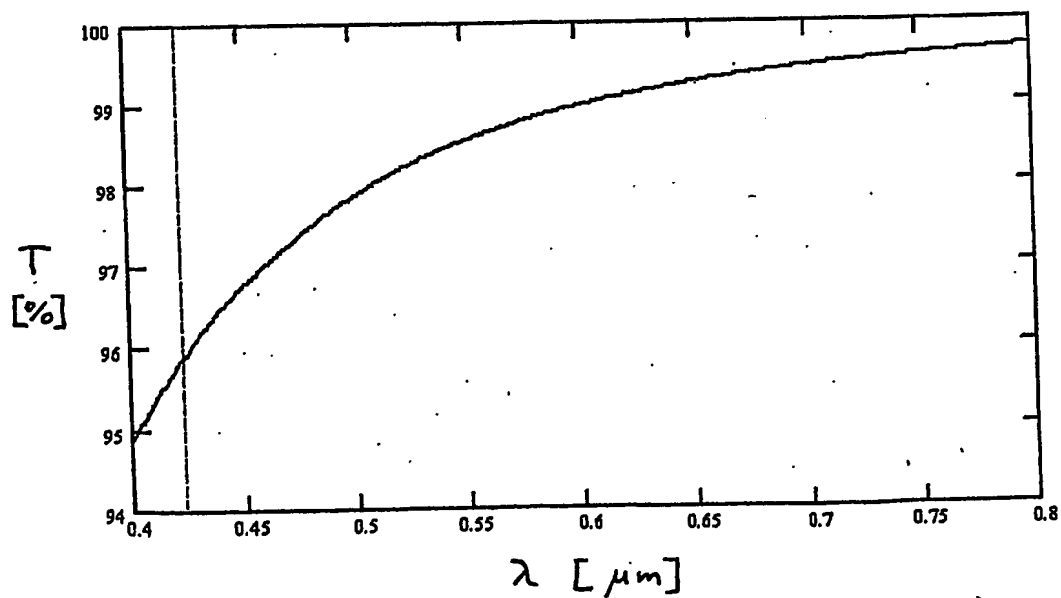


Fig. 2 b



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.